

تأثیر روغن گیاهی، دما و زمان پخت بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر پروسس آنالوگ گسترده

جهانبخش شعبانی^۱، حبیب‌ا... میرزایی^{۲*}، محمود یلمه^۳، سید مهدی جعفری^۴

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. دانشیار، گروه مهندسی مواد و طراحی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳. دانشجوی دکتری، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴. دانشیار، گروه مهندسی مواد و طراحی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۱، تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۳)

چکیده

هدف اصلی از تولید پنیر پروسس افزایش مدت ماندگاری پنیر طبیعی و یافتن جایگزین‌های مناسب برای پنیرهای طبیعی که قابل فروش در بازار نیستند، می‌باشد. در این مقاله اثر روغن گیاهی در دما و زمان‌های مختلف پخت بر خصوصیات شیمیایی (اندیس یدی، صابونی و اندیس پراکسید) و فیزیکی (تغییرات شفافیت) مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش با استفاده از روش سطح پاسخ، به بررسی تأثیر روغن گیاهی، دما و زمان پخت بر روی اندیس یدی، اندیس صابونی، اندیس پراکسید و شفافیت پنیر پروسس آنالوگ گسترده بر پایه پنیر سفید ایرانی با روش سرد کردن آهسته پرداخته شد. میزان اندیس صابونی و اندیس یدی تحت تأثیر مقدار روغن گیاهی قرار گرفت ($p < 0/0001$)، به طوری که افزایش روغن گیاهی سبب افزایش در اندیس یدی و کاهش در اندیس صابونی گردید. زمان پخت ($p < 0/05$) و محتوی روغن گیاهی ($p < 0/0001$) بر مقدار اندیس پراکسید تأثیرگذار بودند به نحوی که با افزایش در محتوی روغن گیاهی و زمان پخت مقدار اندیس پراکسید افزایش یافت. در این مطالعه اثرات هر سه فاکتور دما، زمان و روغن گیاهی بر میزان شفافیت پنیر پروسس معنی‌دار بودند ($p < 0/05$). عدد یدی و عدد صابونی تحت تأثیر میزان روغن گیاهی قرار گرفت. علاوه بر این، مقدار اندیس پراکسید با افزایش میزان روغن گیاهی و زمان پخت افزایش ولی میزان شفافیت با افزایش روغن گیاهی، دما و زمان پخت کاهش یافت. مطابق با نتایج این بررسی نوع و مقدار روغن، دما و مدت زمان پخت بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر پروسس تأثیر گذار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پنیر پروسس آنالوگ، اندیس شیمیایی، سرد کردن آهسته، روش سطح پاسخ.

1- مقدمه

ساختار ژل قوی‌تری به دلیل واکنش بیش‌تر بین پروتئین‌ها نسبت به محصولات تولید شده با روش سردکردن سریع ایجاد می‌گردد [7 و 8]. استفاده از چربی‌ها و منابع غیرلبنی سبب تغییر در خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر پروسس می‌گردد. کریم و همکاران (2002) به بررسی مقدار مناسب روغن پالم جهت جایگزینی چربی شیر و مقایسه ویژگی‌های پنیر پروسس آنالوگ حاوی پالم با نمونه شاهد پرداخته‌اند. آن‌ها گزارش کردند که پارامتر L در پنیر پروسس آنالوگ نزدیک به نمونه شاهد بود و تفاوت ویژه‌ای در طی نگهداری با نمونه شاهد ایجاد نگردید [9]. اما در تحقیقی که توسط چونا و همکاران (2009) صورت پذیرفت حاکی از آن بود که افزایش در محتوی روغن گیاهی جامد هیدروژنه به جای چربی شیر سبب کاهش شفافیت در پنیر پروسس گردید [4]. تیمم و همکاران (2009) بیان کردند که استفاده از روغن ماهی سبب افزایش در اندیس پراکسید در طی نگهداری گردید [10]. در ایران با توجه به مصرف روزانه پنیر فتای ایرانی در بین اکثر خانواده‌های ایرانی و هم‌چنین در دسترس بودن این دسته از پنیرها، در این تحقیق پنیر فتای ایرانی به عنوان پنیر پایه در نظر گرفته شد. امروزه تولیدکنندگان پنیر پروسس با توجه به قیمت کم‌تر روغن‌های گیاهی در مقابل چربی‌های حیوانی اقدام به استفاده از این دسته از چربی‌ها در تولید پنیر پروسس می‌کنند که این عمل سبب کاهش قیمت تمام‌شده محصول می‌گردد [5]. علاوه بر هزینه نسبتاً پایین تولید و امکان دستکاری در خواص فیزیکی مثل خصوصیت ذوبی، سفتی، پس‌دهی روغن، چسبندگی، رنگ و غیره از دیگر مزایای محصولات آنالوگ می‌باشد. بنابراین در این تحقیق سعی گردیده شده تاثیر روغن گیاهی در دما و زمان‌های مختلف پخت بر خصوصیات شیمیایی (اندیس یدی، صابونی و اندیس پراکسید) و فیزیکی (تغییرات شفافیت) مورد بررسی قرار گیرد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه

مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: پنیر سفید تولیدشده به روش فرا پالایش (شرکت شیر پاستوریزه و فراورده‌های لبنی پگاه مشهد)، تری سدیم سیترات (مرک،

پنیر پروسس یک امولسیون روغن در آب می‌باشد که پروتئین‌های لبنی نقش یک امولسیون‌کننده را بر عهده دارند [1]. معمولاً پنیر پروسس از مخلوط پنیر طبیعی، نمک‌های چیلیت‌کننده، چربی و دیگر عناصر مورد استفاده تحت عمل هم‌زدن در دمای °C 70-90 به مدت 5-15 دقیقه آماده می‌گردد [2 و 3]. تنوع و گستردگی در طعم و بافت و شکل این محصول سبب گردیده که مصرف‌کنندگان زیادی پیدا کند. در تهیه پنیرهای پروسس جدید از منابع پروتئینی و چربی غیرلبنی استفاده می‌گردد که تحت عنوان پنیر پروسس آنالوگ نامیده می‌شوند. پنیر پروسس آنالوگ به دسته‌ای از پنیرها گفته می‌شود که چربی شیر، پروتئین شیر یا هر دو به طور جزئی یا کامل با ترکیبات غیرلبنی همانند چربی یا روغن و پروتئین گیاهی جایگزین گردند [4]. هدف اولیه تولید پنیر پروسس افزایش مدت ماندگاری پنیر طبیعی و یافتن جایگزین‌های مناسب جهت پنیرهای طبیعی که قابل فروش در بازار نبودند، می‌باشد. اما امروزه این دسته از محصولات کاربردهای متعددی دارند و در تهیه انواع مختلفی از غذاها از جمله انواع سالادها، ساندویچ، برگرها و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند [5 و 6]. از لحاظ تغذیه‌ای پنیر پروسس آنالوگ حائز اهمیت می‌باشند؛ عوامل تغذیه‌ای هم‌چون ویتامین‌ها و مواد معدنی را می‌توان به عنوان ماده خام و اولیه استفاده کرد و ارزش تغذیه‌ای محصول را بالا برد. معمولاً در هر کشور پنیر پایه مورد استفاده در تولید پنیر پروسس براساس پنیر غالب تولیدی در آن کشور می‌باشد. برای مثال در آمریکا بیش‌ترین میزان پنیر طبیعی تولیدی پنیر چدار می‌باشد که بیش‌ترین سهم در تولید پنیر پروسس به عنوان پنیر پایه را دارد [6]. پارامترهای فراوری همانند دمای پخت، زمان پخت، سرعت هم‌زدن و سرعت سردکردن نقش ویژه و بارزی را در تشکیل امولسیون و خصوصیات عملکردی محصول بر جای می‌گذارند. طی سردکردن کریستال‌های چربی و کازئین‌ها تشکیل یک شبکه پیوسته را می‌دهند [4 و 7]. برحسب نوع بافت مورد انتظار، فرایند سردکردن می‌تواند سریع یا کند انجام شود. برای محصولات قالبی از سردکردن کند و برای محصولات مالش‌پذیر از سردکردن سریع استفاده می‌گردد [2]. محصولات تولید شده با روش سردکردن آهسته

این دما به دمای $5-8^{\circ}\text{C}$ منتقل می‌گردد [6 و 10]. در روش سردکردن سریع محصول پخته‌شده و هموژن‌شده را بعد از تولید در دمای یخچال قرار می‌دهند و بعد از یک ساعت دما به 20°C و بعد از 2 ساعت دما به 5°C می‌رسد [10].

آلمان، کازئینات سدیم (مجتمع میلاد خراسان)، کره (کاله آمل)، روغن آفتابگردان (شرکت تجاری فریکو)، سورات پتاسیم (مرک، آلمان).

2-2- روش تولید پنیر پروسس آنالوگ گسترده

2-4- اندازه‌گیری خواص فیزیکی شیمیایی
اندازه‌گیری عدد یدی، عددصابونی بر اساس استانداردهای ملی ایران صورت پذیرفت. مقدار اندیس یدی، اندیس صابونی و اندیس پراکسید یک ماه پس از تولید تحت نگاهداری در یخچال تعیین گردید [12، 13 و 14].

ابتدا مواد اولیه شامل پنیر سفید، کازئینات سدیم، تری سدیم سیترات (2/4 درصد)، نمک طعام (1 درصد)، کره و روغن گیاهی مطابق با نسبت محاسبه شده و پتاسیم سورات (1/0 درصد) برای هر فرمول توزین شد. پنیر سفید تهیه شده به روش فراپالایش را در داخل یک ظرف استوانه‌ای توسط همزن پره‌ای ساخت شرکت شیمی فن با سرعت 1500 دور در دقیقه خرد و هموژن گردید. سپس تری سدیم سیترات، نمک طعام و نیمی از کازئینات و آب به مخلوط اضافه و بعد از گذشت زمان مشخص بقیه آب و سدیم کازئینات به مخلوط اضافه گردید. در این مرحله عمل هم‌زدن با دور 1500 دور در دقیقه و به مدت 7 دقیقه صورت پذیرفت. در مرحله بعد اجزای چربی (کره و روغن آفتابگردان) با نسبت تعیین شده در هر فرمولاسیون با دور 1500 دور در دقیقه بطور جداگانه به مخلوط اضافه شد. سپس مطابق با آزمایشات طراحی شده، عمل پخت در دما و زمان تعیین شده در هر فرمولاسیون صورت گرفت. عمل پخت در داخل یک بن ماری حاوی آب گرم با سرعت 1000 دور در دقیقه توسط هم‌زن پره‌ای صورت پذیرفت. بعد از اتمام عمل پخت در دما و زمان‌های طراحی شده، عمل هموژن کردن با استفاده از هم‌زن پره‌ای به مدت 5 دقیقه با دور 1500 دور در دقیقه انجام شد. محصول در ظرف 400 گرمی پر و بعد از 5 دقیقه وارد یخچال گردیدند و تا زمان انجام آزمایش‌ها در یخچال نگاهداری شد.

تعیین میزان شفافیت (L) نمونه‌های پنیر پروسس آنالوگ با استفاده از دستگاه کلریمتر مدل CR-410 ساخت کشور ژاپن با دو تکرار اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار L نمونه اهد برابر با 91/14 بود. نمونه شاهد یا کنترل فاقد روغن گیاهی، در دمای 85°C به مدت 10 دقیقه تهیه گردید.

2-5- ارزیابی حسی

در این آزمون 12 نفر از دانشجویان رشته علوم و صنایع غذایی پس از آموزش و بیان هدف از انجام ارزیابی حسی و توضیح درباره هر یک از ویژگی‌های مورد ارزیابی، برای انجام آزمون‌ها انتخاب شدند. نمونه‌ها 10 روز پس از تولید (جهت شکل گرفتن بافت) مورد ارزیابی قرار گرفتند و در این مدت در ظروف مربوطه در یخچال نگاهداری شدند. پنیرها به روش تصادفی کدبندی شده بودند. از داوران حسی خواسته شد که بر اساس روش هدونیک 5 نقطه‌ای (کم‌ترین = 1 و بیش‌ترین = 5) نمونه‌های پنیر را جهت بررسی طعم، سفتی و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار دهند و امتیاز مورد نظرشان را در فرم ارزیابی حسی وارد نمایند. شرایط سنجش برای داوران حسی کاملاً یکسان بود.

2-3- سردکردن آهسته

بعد از اتمام مرحله هموژنیزاسیون با هم‌زن پره‌ای، مرحله سرد کردن آغاز می‌گردد. طی مرحله سردکردن به روش آهسته، در اولین مرحله به مدت 8 ساعت در دمای اتاق $20-23^{\circ}\text{C}$ قرار داده می‌شود و سپس در مرحله بعد به اتاق سرد با دمای متغیر $12-16^{\circ}\text{C}$ انتقال داده می‌شود. در این دما پنیر پروسس به مدت 24 ساعت نگاهداری می‌گردد. در نهایت پنیر پروسس از

2-6- طرح آزمایشی و آنالیز آماری

روش سطح پاسخ¹ (RSM) یک ابزار مهم در فرایند و بهبود محصول می‌باشد. این روش مجموعه‌ای از طراحی آزمایشات و تکنیک‌های بهینه‌سازی است که این امکان را به محقق می‌دهد تا ارتباط بین متغیرهای مستقل و پاسخ‌ها را تعیین کند. اصلی‌ترین مزیت RSM کاهش تعداد آزمایش‌های مورد نیاز جهت ارزیابی

1. Response Surface Methodology

متغیرهای مستقل و پاسخ، نمودارهای سه بعدی رویه پاسخ با دو متغیر مستقل در مقابل پاسخ رسم شدند، در حالی که سایر متغیرها ثابت در نظر گرفته شدند. طرح آزمایش مرکب مرکزی و پاسخ های متغیرهای مستقل برای اندیس های شیمیایی شامل محتوی رطوبتی، اندیس یدی، اندیس پراکسید، اندیس صابونی و آزمون های فیزیکی شامل تغییرات شفافیت مربوط به هر تیمار در جدول 2 آورده شده است.

برای هر یک از عبارت ها در مدل، ضریب رگرسیون بزرگ و عدد p کوچک نشان دهنده اثر با معنی تری روی پاسخ های مربوطه دارد. مقایسه میان مقایر پیش بینی شده و واقعی حاکی از مناسب بودن مدل های رگرسیونی چند جمله ای برای پاسخ های سطحی مورد بررسی می باشد (شکل 1).

نتایج آنالیز واریانس و ضرایب رگرسیونی (R^2 , R^2 -Adj, R^2 -Pred) و عدم برازش برای پاسخ ها به ترتیب در جداول 3 و 4 نشان داده شده اند.

3-1- تاثیر متغیرهای مستقل¹ بر پاسخ ها

3-1-1- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر اندیس یدی

مدل پیشنهادی با توجه به صرف نظر کردن از عبارت های بی معنی مدل برای اندیس یدی به صورت زیر می باشد:

زمان $\times 0/028 +$ روغن گیاهی $\times 1/35 + 70/230 =$ اندیس یدی
زمان \times روغن گیاهی $\times 2/42 - 8/39$

مدل ارائه شده برای اندیس یدی در سطح احتمال 99 درصد معنی دار بود ($p < 0/0001$)، اما آزمون ضعف برازش آن معنی دار نبود ($p < 0/05$) که نشان می دهد

1. Independent variable

پارامترهای چندگانه و برهمکنش آن ها می باشد. در این تحقیق طرح مرکب مرکزی بکار گرفته شد. سطوح متغیرهای مستقل و داده های بدست آمده از طرح آزمایشی به صورت سطوح حقیقی در جدول 1 نشان داده شده است.

داده های بدست آمده از این طرح با استفاده از نرم افزار DesignExpert مدل 6.0.2 مدل سازی گردیده و شکل های سه بعدی (منحنی های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ ها و متغیرهای مستقل رسم شد. بر داده های حاصل از آزمایش ها مدل چند جمله ای درجه دوم برازش داده شده و سپس از الگوریتم Backward به منظور کاهش تعداد جمله های مدل استفاده گردید.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_{12} + b_{22}x_{22} + b_{33}x_{32} + b_{12}x_1x_2 + b_{23}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + \varepsilon$$

ضرایب مدل چند جمله ای به صورت b_0 (عبارت ثابت)، b_1, b_2, b_3 (اثرات خطی) b_{11}, b_{22}, b_{33} (اثرات درجه دوم) و b_{12}, b_{13}, b_{23} (اثرات متقابل) بیان شده اند. معنی داری ضرایب مدل با استفاده از R^2 ، R^2 اصلاح شده¹ و پیش بینی کننده² و هم چنین مجموع مربع های خطای پیش بینی³ مورد بررسی قرار گرفت (جدول 4).

3- نتایج و بحث

تشخیص ماهیت سیستم و موقعیت نقطه هدف (نقاط حداکثر، حداقل یا زینی) بخش مهمی از آنالیز مدل های درجه دوم است که توسط نمودارهای سه بعدی و نقشه کنتور میسر می گردد. این شیوه مشهود کردن مدل ها به محقق در زمینه تعیین ماهیت رویه پاسخ یاری می رساند. برای مشهود کردن رابطه

1. Adjusted regression
2. Predicted regression
3. Prediction error sum of squares

جدول (1) متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آن ها

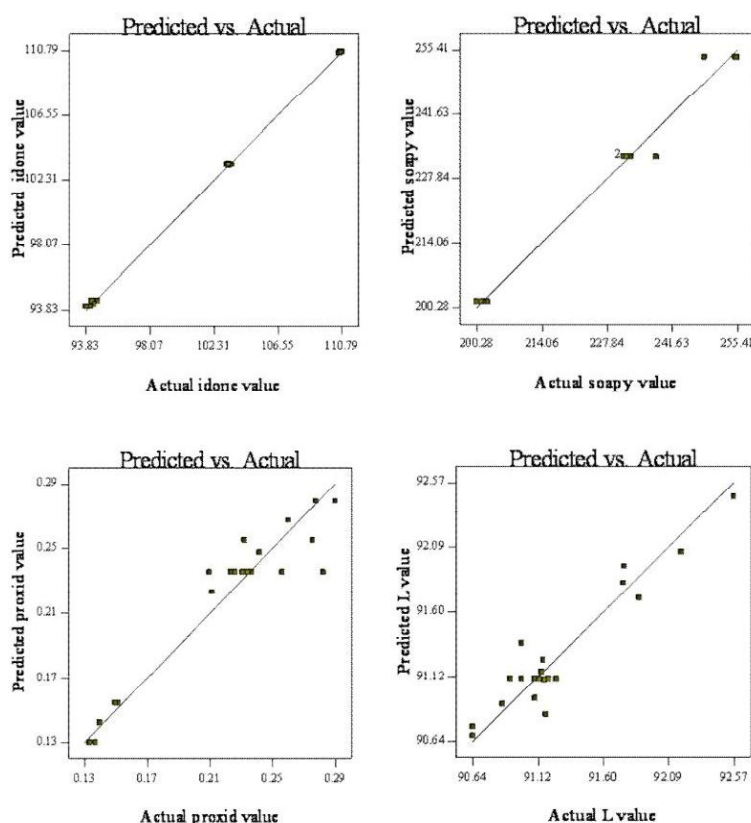
سطوح متغیر			نماد ریاضی	متغیر مستقل
-1	0	+1		
20	30	40	X_1	نسبت روغن گیاهی (درصد)
65	75	85	X_2	دمای پخت (درجه سانتیگراد)
5	10	15	X_3	زمان پخت (دقیقه)

جدول (2) طرح آزمایشی و پاسخ‌های متغیرهای وابسته

تیمار	روغن گیاهی	زمان پخت	دمای پخت	اندیس یدی	اندیس صابونی	اندیس پراکسید	شفافیت
1	20	65	15	94/23	255/41	0/151	91/87
2	20	85	15	94/61	254/97	0/149	90/64
3	40	85	15	110/69	200/277	0/281	90/86
4	30	75	10	103/18	231/53	0/228	91/1
5	30	75	10	103/35	238/21	0/239	91/26
6	20	65	5	94/18	248/39	0/132	92/57
7	20	85	5	93/83	255/25	0/136	92/18
8	30	75	5	103/32	232/534	0/213	91/16
9	20	75	10	94/39	255/3	0/139	91
10	30	65	10	103/44	231/973	0/211	91/75
11	30	75	15	103/26	231/97	0/244	91/1
12	30	75	10	103/23	231/97	0/259	90/92
13	30	85	10	103/48	232/254	0/286	91/17
14	40	65	5	110/65	202/521	0/279	91/15
15	40	85	5	110/79	201/74	0/234	90/64
16	40	65	15	110/61	201/45	0/294	91/76
17	30	75	10	103/19	231/41	0/233	91
18	40	75	10	110/74	201/399	0/263	91/18
19	30	75	10	39/103	231/46	0/225	91/13
20	30	75	10	103/26	232/815	0/236	91/2

پخت ($p < 0/05$) می‌باشد. مطابق با شکل (2) افزایش روغن گیاهی در زمان بالا و پایین پخت، سبب افزایش در اندیس یدی گردید، حال آنکه افزایش زمان در هر دو مقدار بالا و پایین روغن گیاهی تأثیری روی اندیس یدی نداشت. جاروس و همکاران (2001) نیز مشاهده کردند که با افزودن روغن گیاهی اندیس یدی و استحکام پنیر سخت به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد [15]. اندیس یدی بیانگر میزان غیر اشباعیت اسیدهای چرب می‌باشد که با افزایش میزان غیر اشباعیت، اندیس یدی افزایش می‌یابد. در تولید پنیر پروسس آنالوگ، افزایش نسبت روغن گیاهی به کره سبب افزایش میزان غیر اشباعیت اسیدهای چرب موجود در چربی پنیر می‌گردد، در نتیجه میزان اندیس یدی افزایش یافت.

مدل کاسته شده، مدلی مناسب می‌باشد (جدول 4). در این مدل، مقادیر R^2 و R^2 اصلاح شده هر دو برابر $0/99$ بودند. در شکل (2) تأثیر متغیرهای مستقل بر تغییرات اندیس یدی با استفاده از روغن گیاهی و زمان پخت نشان داده شده است. آنالیز واریانس اثر کلی متغیرهای فرایند بر مدل رگرسیونی اندیس یدی نشان داد که تنها اثرات خطی روغن گیاهی ($p < 0/0001$) و زمان پخت ($p < 0/05$)، عبارت درجه دوم روغن گیاهی ($p < 0/0001$) و اثر متقابل روغن گیاهی-زمان ($p < 0/05$) معنی‌دار گردید (جدول 4). اندیس p ضرایب مدل رگرسیونی اندیس یدی با متغیرهای فرایند نشان می‌دهد که تأثیر روغن گیاهی ($p < 0/0001$) بیش‌تر از تأثیر زمان



شکل (1) مقایسه میان مقایر پیش بینی شده و واقعی

تنها اثر خطی ($p < 0/0001$) و درجه دوم ($p < 0/0001$) روغن گیاهی در مدل معنی دار شده اند. شکل (3) تاثیر دما و روغن گیاهی را روی اندیس صابونی در زمان ثابت 10 دقیقه نشان می‌دهد. مطابق شکل دما تاثیری در اندیس صابونی نداشت، اما افزایش روغن گیاهی در دماهای پایین و بالای پخت موجب کاهش اندیس صابونی گردید. ارسلان و همکاران (2010) امکان استفاده از چربی اینتراستریفیه شده را در تولید پنیر سفید ترکی بررسی نمودند و مشاهده کردند که با افزودن چربی اینتراستریفیه شده اندیس صابونی پنیر سفید ترکی کاهش می‌یابد [16]. اندیس صابونی روغن‌ها با افزایش طول زنجیره اسید چرب کاهش می‌یابد، بنابراین با افزایش نسبت روغن گیاهی در تولید پنیر پروسس به دلیل طول‌تر بودن اسیدهای چرب روغن گیاهی نسبت به اسیدهای چرب کره، اندیس صابونی کاهش یافت.

3-1-2- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر اندیس صابونی

مدل پیشنهادی برای اندیس صابونی با توجه به معنی‌داری ضرایب و صرف نظر کردن از عبارتهای بی معنی مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$0/049 - \text{روغن گیاهی} \times 0/34 + 266/715 = \text{اندیس صابونی}^2 (\text{روغن گیاهی}) \times$$

مطابق با جدول 4 مدل درجه دوم کاسته برای اندیس صابونی از نظر آماری در سطح 99 درصد معنی دار بوده ($p < 0/0001$) ولی آزمون ضعف برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد ($p < 0/05$) که نشانگر مناسب بودن مدل، پس از کاهش دادن تعداد جملات است. مقادیر R^2 و R^2 اصلاح شده به ترتیب برابر 0/989 و 0/988 بودند. نتایج موجود در جدول 4 نشان می‌دهد که

جدول (3) آنالیز واریانس برای پاسخهای مورد بررسی

منبع	شفافیت		اندیس پراکسید		اندیس صابونی		اندیس یدی	
	Pr>F	مجموع مربعات	Pr>F	مجموع مربعات	Pr>F	مجموع مربعات	Pr>F	مجموع مربعات
میانگین		160000		0/98		1050000		210000
خطی	0/0141	2/23	<0/0001	0/043	<0/0001	6864/47	<0/0001	676/55
برهکنش	0/0122	1/37	0/8299	0/00064	0/5729	26/91	0/5028	0/18
درجه دوم	0/0311	0/63	0/0319	0/0054	0/0029	124/37	0/0004	3/55
مکعبی	0/0166	0/39	0/0195	0/0033	0/8227	8/72	0/0027	0/10
باقیمانده		0/079		0/00073		35/39		0/084
کل		160000		1/04		10000000		210000

جدول (4) ضرایب رگرسیون (R^2 , Adj- R^2 , R^2) و عدم برازش پاسخها

ضرایب رگرسیون	شفافیت	اندیس پراکسید	اندیس صابونی	اندیس یدی
b_0	114/81***	0/26***	266/715***	70/23 ***
b_1	-0/103**	0/02 ***	0/34***	1/35***
b_2	-0/53**			
b_3	-0/029*	0/25*		0/085
b_{12}		-0/31**	-0/049***	-0/839***
b_{22}	-0/354**			
b_{33}				
b_{12}				
b_{13}	-0/76***			-0/242*
b_{23}	-0/307*			
عدم برازش	0/110	0/13	0/85	0/09
R^2	0/89	0/90	0/989	0/99
R^2 (تصحیح شده)	0/85	0/88	0/988	0/99
R^2 (پیش‌بینی شده)	0/70	0/85	0/987	0/99

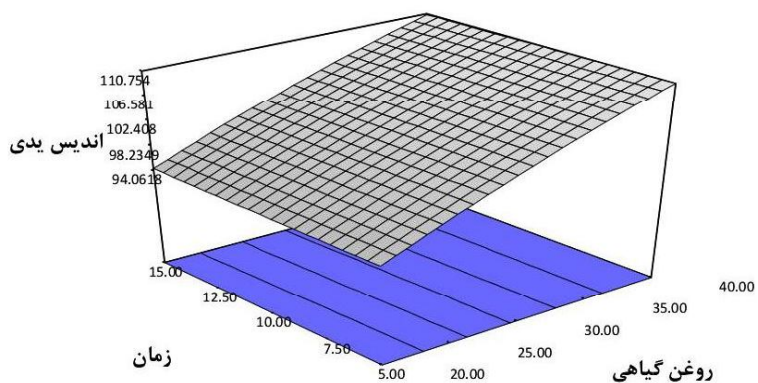
*** معنی داری در سطح 0/001 ** معنی داری در سطح 0/01 * معنی داری در سطح 0/05

3-1-3- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر اندیس پراکسید پنیر پروسس معنی‌دار بود ($p < 0/0001$)، اما آزمون ضعف برازش مدل پیشنهادی با توجه به صرف نظر کردن از عبارتهای بی‌معنی مدل برای اندیس پراکسید به صورت زیر می‌باشد:

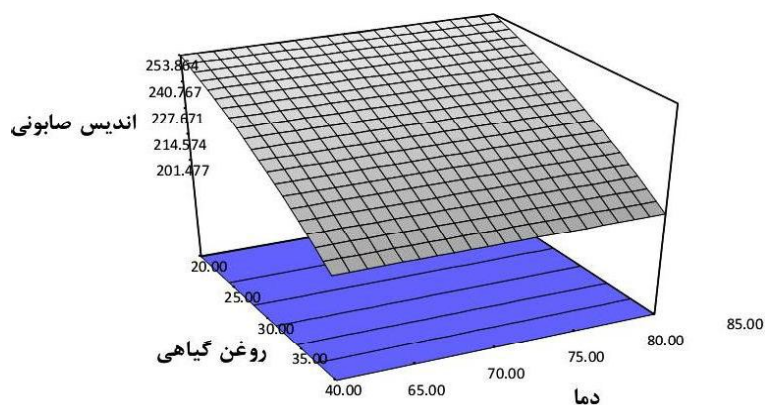
زمان $\times 2/5$ - روغن گیاهی $\times 0/025 + 0/265 =$ اندیس پراکسید

$(\text{روغن گیاهی})^2 \times 3/16 -$

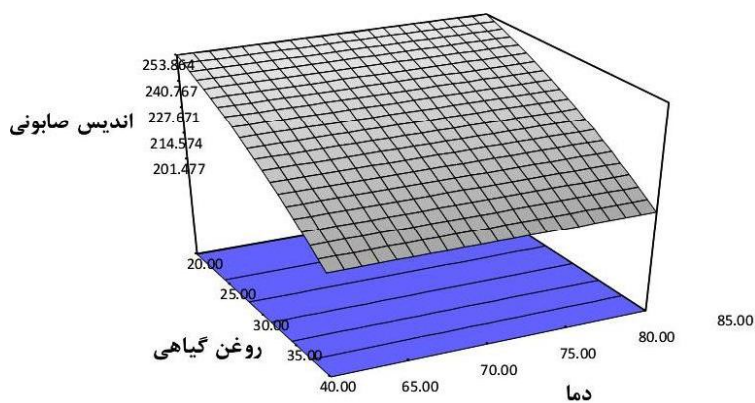
مدل ارائه شده برای اندیس پراکسید در سطح احتمال 99 ثابت (75°C) بر اندیس پراکسید در شکل (4) نشان



شکل (2) اثر مقدار روغن گیاهی و دمای پخت (زمان پخت- 10 دقیقه) بر میزان اندیس یدی



شکل (3) اثر مقدار روغن گیاهی و زمان پخت (دمای پخت - 75 °C) بر میزان اندیس صابونی



شکل (4) اثر زمان و دمای پخت (روغن گیاهی-30 درصد) بر میزان اندیس پراکسید

قدرت بالای مدل در پیش بینی می باشد. آنالیز واریانس اثر کلی متغیرهای فرایند بر مدل رگرسیونی شفافیت نشان داد که اثرات خطی هر سه متغیر روغن گیاهی ($p < 0/01$)، دما ($p < 0/0001$)، زمان پخت ($p < 0/05$)، عبارت درجه دوم دمای پخت ($p < 0/01$)، اثرات متقابل روغن گیاهی-زمان پخت ($p < 0/0001$) و زمان پخت-دمای پخت ($p < 0/05$) معنی دار بودند. با توجه به جدول 3 تاثیر دمای پخت بر میزان شفافیت پنیر بیش تر از تاثیر روغن گیاهی و زمان پخت می باشد. مدل پیشنهادی با توجه به صرف نظر کردن از عبارتهای بی معنی مدل برای شفافیت به صورت زیر می باشد:

$$\text{زمان} \times \text{دما} \times 0/029 - \text{روغن گیاهی} \times 0/103 + 114/816 = \text{شفافیت}$$

$$\text{زمان} \times \text{دما} \times 3/75 - \text{زمان} \times \text{روغن گیاهی} \times 7/69 + 3/45 \times (\text{دما})^2 +$$

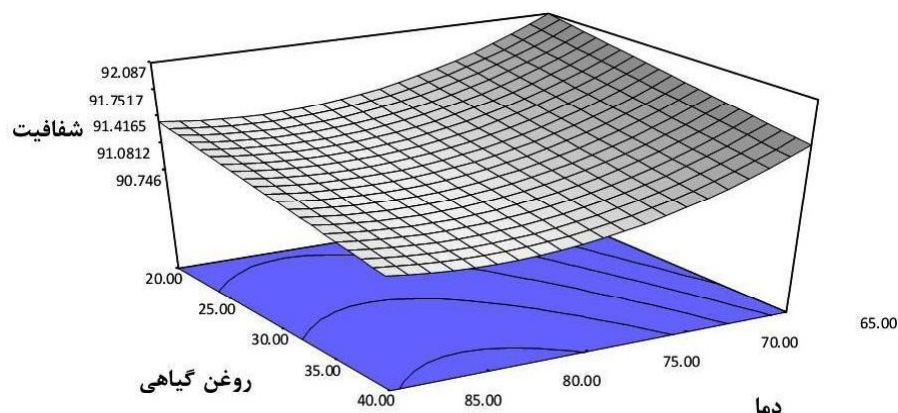
شکل 5 تاثیر دما و روغن گیاهی را بر شفافیت پنیر پروسس نشان می دهد. مطابق شکل در دمای پایین و بالای پخت با افزایش محتوی روغن گیاهی مقدار شفافیت کاهش یافت که این مقدار در در مقادیر بالای روغن گیاهی بیش تر بود.

همچنین افزایش دما در هر مقدار روغن گیاهی شفافیت را کاهش داد. مطابق با شکل 6 افزایش دما در زمان بالا و پایین پخت سبب کاهش شفافیت گردید. افزایش زمان پخت در دمای پایین تاثیری بر شفافیت نداشت ولی در دماهای بالا سبب کاهش شفافیت گردید. مطابق با مشاهدات چونها و همکاران (2009) افزایش در محتوی روغن گیاهی جامد

داده شده است. مطابق با شکل در مقادیر کم روغن گیاهی افزایش در زمان پخت تاثیر چندانی بر اندیس پراکسید نداشت، حال آنکه در مقادیر بالای روغن گیاهی با افزایش زمان پخت مقدار اندیس پراکسید کاهش یافت. در زمانهای کم و بالای پخت، افزایش در روغن گیاهی سبب افزایش در مقدار اندیس پراکسید گردید که این افزایش در زمانهای بالای پخت بیش تر بود. یی و همکاران (2009) امکان استفاده از امولسیون روغن ماهی را در پنیر پروسس بررسی نمودند و مشاهده کردند که روغن ماهی باعث افزایش اندیس پراکسید در پنیر پروسس می شود [17]. روغنهای گیاهی به دلیل حضور پیوندهای غیراشباع در ساختارشان نسبت به دما حساس می باشند. اعمال زمانهای طولانی حرارت دادن، سرعت بالای هم زدن (1500 دور بر دقیقه) و همچنین حضور روغن گیاهی در ماتریکس پروتئینی، فرصت و امکان تماس اکسیژن با روغن گیاهی که در ماتریکس پروتئینی پراکنده شده اند را ایجاد می کند که این اتفاق همراه با افزایش در اندیس پراکسید گردید.

3-1-4- بررسی اثر متغیرهای مستقل بر شفافیت پنیر پروسس

همان طور که در جدول 4 مشاهده می گردد، مدل درجه دوم کاسته برای شفافیت از نظر آماری در سطح 99 درصد معنی دار بوده ($p < 0/0001$) ولی آزمون ضعف برازش آن معنی دار نمی باشد ($p > 0/05$) که نشانگر مناسب بودن مدل، پس از کاهش دادن تعداد جملات است. مقادیر بالای R^2 و R^2 اصلاح شده و متناسب بودن مقادیر این دو فاکتور موید



شکل (5) منحنی سطح پاسخ برای اثر روغن گیاهی و دمای پخت (زمان پخت-10 دقیقه) بر شفافیت پنیر

هیدروژنه به‌جای چربی شیر سبب کاهش اندیس L گردید [18]. شیمیایی از قبیل قهوه‌ای شدن مقدار شفافیت کاهش یافت.

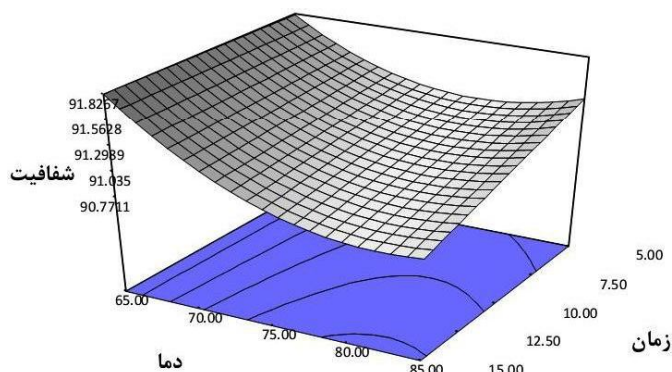
روغن گیاهی مورد استفاده در فرمولاسیون پنیر پروسس به دلیل

زرد بودن رنگ آن سبب کاهش شفافیت پنیر گشته است. هم‌چنین

در دماها و زمان‌های بالای پخت به دلیل وقوع بعضی از واکنش‌های

3-2-1- آنالیز حسی

جدول‌های 4 و 5 مقادیر متغیرهای پاسخ و نتایج آنالیز آماری مدل

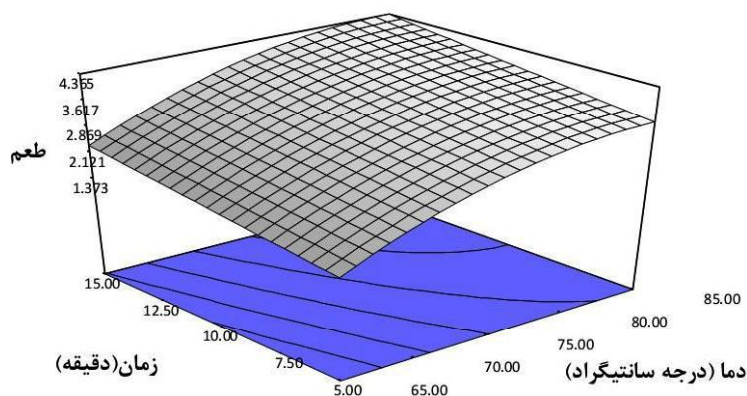


شکل (6) منحنی سطح پاسخ برای اثر زمان و دمای پخت (روغن گیاهی-30 درصد) بر شفافیت پنیر

جدول (5) سطوح متغیرهای مستقل و مقادیر متغیرهای پاسخ (ارزیابی حسی)

تیمار	سطوح واقعی			پاسخ	
	روغن گیاهی	دمای پخت	زمان پخت	طعم	سفتی
1	40	85	5	3/78	2/78
2	20	85	15	4/28	4/5
3	30	75	10	3/36	3/21
4	30	75	10	3/42	3/43
5	30	75	10	3/21	3/32
6	30	75	10	3/47	3/11
7	20	65	15	2/8	2/11
8	30	65	10	1/32	1/1
9	30	75	10	3/76	3/52
10	30	75	5	3/11	2/88
11	40	85	15	3/97	4/21
12	40	65	15	2/43	2/17
13	20	75	10	3/12	3/83
14	40	65	5	1/23	1
15	30	85	10	4/12	3/93
16	30	75	10	3/35	3/15
17	20	85	5	3/26	3/75
18	20	65	5	1/5	1/2
19	40	75	10	2/86	3/48
20	30	75	15	4/23	3/94

3-2-2- تأثیر متغیرهای مستقل بر طعم برازش یافته بر داده‌های پاسخ حاصله از ارزیابی حسی را برای هر یک از خصوصیات حسی نشان می‌دهد. با توجه به جدول 5 مقادیر R^2 و R^2 اصلاح شده مدل درجه دوم همواره بیش‌تر از مدل خطی بوده و همچنین با غیر معنی‌دار بودن آزمون ضعیف برازش مربوط به مدل درجه دوم ($p > 0/05$) نتیجه گرفته می‌شود که در برازش داده‌ها، مدل درجه دوم کارایی بیش‌تری را دارا می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیز آماری، مدل چند جمله‌ای درجه دوم گزینش شده و بر داده‌های پاسخ برازش داده شد. پس از برازش مدل، روابط بدست آمده در معرض الگوریتم Backward به منظور کاهش تعداد جمله‌های غیر معنی‌دار مدل، قرار گرفتند. همچنین تجزیه و تحلیل رگرسیونی و واریانس (ANOVA) داده‌های آزمایشی به منظور انطباق مدل ریاضی و تعیین ضرایب رگرسیونی و معنی‌داری ضرایب در جدول 6 آورده شده است.



شکل (7) منحنی تأثیر دما و زمان پخت بر طعم پنیر پروسس آنالوگ (روغن گیاهی = 20 درصد)

جدول (6) آنالیز آماری مدل برازش یافته بر داده‌های ارزیابی حسی

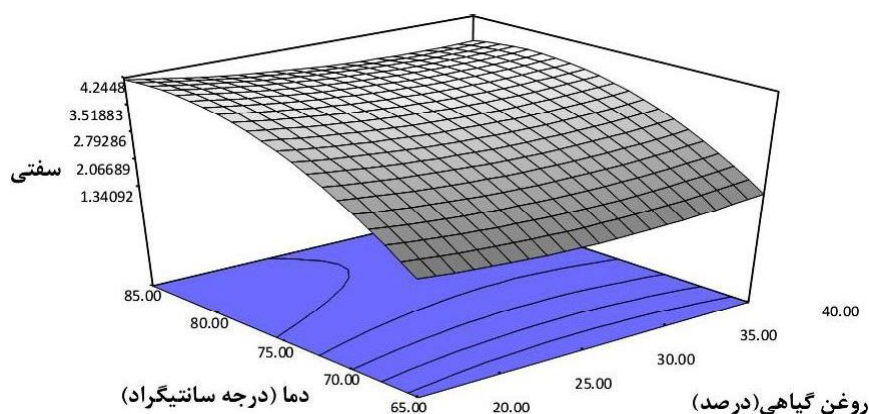
منبع	انحراف معیار	R^2	R^2 اصلاح شده	اندیس P برای Lack of fit
طعم				
خطی	0/43	0/81	0/77	0/019
درجه دوم	0/26	0/95	0/91	0/119
سفتی				
خطی	0/45	0/83	0/80	0/0085
درجه دوم	0/18	0/98	0/96	0/35
پذیرش کلی				
خطی	0/42	0/80	0/77	0/0018
درجه دوم	0/19	0/97	0/95	0/045

که زمان در نقطه مرکزی (10 دقیقه) ثابت نگه داشته شده است را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مذکور ملاحظه می‌گردد، در دمای پائین پخت (65 درجه سانتی‌گراد)، افزایش روغن گیاهی تاثیر چندانی بر میزان سفتی نداشت، اما در دمای بالای پخت افزایش روغن گیاهی همراه با کاهش در امتیاز سفتی بود. همچنین در مقادیر کم (20 درصد) و بالای روغن گیاهی (40 درصد) افزایش دما سبب افزایش در میزان سفتی گردید که این افزایش در مقادیر کم‌تر روغن گیاهی مشهودتر می‌باشد. شکل 9 نیز نشان می‌دهد که در هر دو مقدار پایین روغن گیاهی (20 درصد) و بالای روغن گیاهی (40 درصد) با افزایش زمان پخت امتیاز سفتی افزایش یافت. همچنین ملاحظه می‌شود که در هر دو زمان کم (5 دقیقه) و بالای زمان پخت (15 دقیقه) با افزایش روغن گیاهی امتیاز سفتی

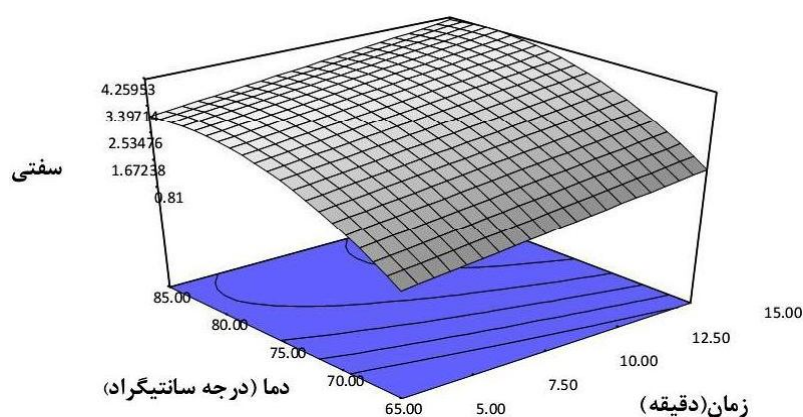
نکته قابل توجه عدم تاثیر منفی روغن گیاهی بر طعم می‌باشد که این امر بیانگر موفقیت روش تولید پنیر پروسس آنالوگ در ممانعت از ایجاد طعم روغن گیاهی می‌باشد.

3-2-3- تاثیر متغیرهای مستقل بر سفتی بافت

نتایج جدول 7 حاصل از ارزیابی داوران حسی نشان می‌دهد که اثر خطی دما و زمان پخت بر روی سفتی بافت مشابه بوده و در سطح $(p < 0/0001)$ و همچنین اثر خطی روغن گیاهی در سطح $(p < 0/01)$ معنی‌دار می‌باشد. از بین اثرات درجه دوم نیز اثر درجه دوم روغن گیاهی $(p < 0/05)$ و دما در سطح $(p < 0/0001)$ معنی‌دار می‌باشد. از بین اثرات متقابل، اثر دما و زمان پخت در سطح $(p < 0/05)$ معنی‌دار می‌باشد. شکل 8 تأثیر دمای پخت و روغن گیاهی را بر روی سفتی بافت در شرایطی



شکل (8) اثر روغن گیاهی و دمای پخت بر سفتی پنیر پروسس آنالوگ حاصل از امتیاز داوران حسی (زمان پخت-10 دقیقه)



شکل (9) اثر روغن گیاهی و زمان پخت بر سفتی پنیر پروسس آنالوگ حاصل از امتیاز داوران حسی (دمای پخت: 75 درجه سانتی‌گراد)

فوق کم تر می‌باشد. بنابراین هر چه دما و زمان پخت افزایش یابد گروه‌های باردار و هیدروفوبیکی بی‌حفاظ موجود در سطح کازئین‌ها بیش تر گشته که این امر موجب اتصالات بیش تر پروتئین‌ها با یکدیگر و متعاقباً سبب افزایش سفتی می‌گردد.

3-2-4- تأثیر متغیرهای مستقل بر پذیرش کلی

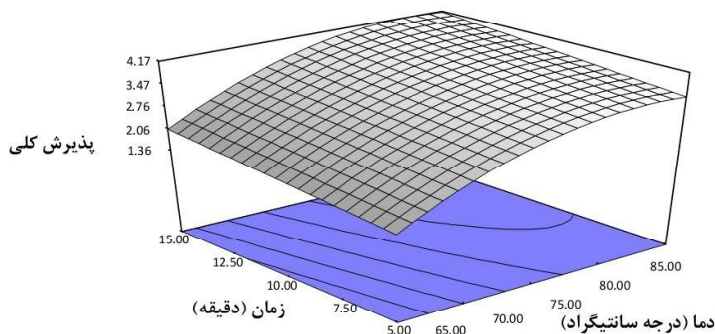
نتایج جدول 7 نشان می‌دهد که اثرات خطی دما و زمان پخت بر پذیرش کلی مشابه هم بوده و در سطح ($p < 0/0001$) معنی‌دار می‌باشد. از بین اثرات درجه دوم نیز تنها اثر درجه دوم دمای پخت معنی‌دار ($p < 0/0001$) بود. روغن گیاهی اثری بر میزان پذیرش کلی نداشت. شکل 10 تأثیر دما و زمان پخت را بر پذیرش کلی در شرایطی که روغن گیاهی در نقطه مرکزی (30 درصد) ثابت نگه داشته شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل 10 مشاهده می‌شود در هر دو مقادیر کم (65°C) و بالای دمای پخت (85°C) با افزایش زمان پخت، امتیاز پذیرش کلی افزایش یافت که این افزایش در مقادیر بالای دما مشهودتر می‌باشد. همچنین در هر دو زمان کم و بالای پخت، افزایش دما موجب افزایش امتیاز پذیرش کلی گردید.

4- نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش عدد یدی و عدد صابونی بطور کل تحت تأثیر روغن گیاهی قرار گرفت. در این تحقیق، مقدار اندیس پراکسید با افزایش در محتوی روغن گیاهی و زمان پخت افزایش یافت. همچنین میزان شفافیت با افزایش روغن

بافت کاهش یافت. همان‌طور که ملاحظه گردید، افزایش دما و روغن گیاهی به ترتیب سبب افزایش و کاهش امتیاز بافت گردید. روغن گیاهی در داخل بافت پنیر به صورت ذرات ریز منفک از یکدیگر قرار می‌گیرند. این نحوه پراکندگی در بافت پنیر و خصوصاً در ماتریکس پروتئینی پنیر سبب از بین رفتن پیوستگی و یکنواختی ماتریکس پروتئینی گشته و سبب ایجاد بافت نرم می‌گردد [19]. در حالی که اندازه گلبول‌های چربی لبنی پراکنده شده در ماتریکس پروتئینی بزرگ تر و در اتصال با یکدیگر می‌باشند و به صورت یکنواخت و هموزن در ماتریکس پروتئینی قرار می‌گیرند که این امر منجر به کاهش نقاط ضعیف در ماتریکس پروتئینی می‌گردد [20]. در طی پخت پنیر پروسس، عمل بی‌حفاظ شدن گروه‌های هیدروفوبیکی موجود در ساختمان پروتئین‌ها توسط عمل نمک‌های امولسیفایری صورت گرفته که در نهایت از طریق اتصالاتی مثل هیدروفوبی، هیدروژنی و الکترواستاتیکی در طی سردکردن به یکدیگر متصل می‌گردند [21]. در پنیر پروسس، گروه‌های باردار روی مولکول‌های کازئین توسط عمل آنیون‌های چند ظرفیتی قوی نمک‌های امولسیفایری همراه با اعمال حرارت و هم‌زدن، ایجاد می‌گردند. این عمل سبب ایجاد واکنش‌های جدیدی در بین پروتئین‌ها می‌گردد که در طی سرد شدن سبب ایجاد یک شبکه سه بعدی منظمی می‌گردد.

که این امر سبب ایجاد یک محصول سفت می‌شود [21]. بنابراین افزایش دمای پخت در هر دو مقدار روغن گیاهی بالا و پایین سبب افزایش در سفتی پنیر می‌گردد، ولی این افزایش در مقادیر بالاتر روغن گیاهی به دلایل ذکر شده در



شکل (10) تأثیر دما و زمان پخت بر پذیرش کلی پنیر پروسس آنالوگ حاصل از امتیاز داوران حسی (روغن گیاهی-30 درصد)

جدول (7) آنالیز واریانس (ANOVA) متغیرهای خطی، درجه دوم، اثرات متقابل هر پاسخ و ضرایب پیش‌گویی مدل برازش یافته درجه دوم کاسته بر داده‌های پاسخ آنالیز حسی

منبع	طعم				سفتی				پذیرش کلی			
	DF	ضرایب	مجموع مربعات	اندیس p	DF	ضرایب	مجموع مربعات	اندیس p	DF	ضرایب	مجموع مربعات	اندیس p
Model	3	-34/42	13/95	>0/0001	6	-54/45	19/15	>0/0001	3	-42/91	14/26	>0/0001
Linear												
b ₁	-	-	-	-	1	-0/058	0/31	0/0095	-	-	-	-
b ₂	1	0/881	10/26	>0/0001	1	1/42	13/20	>0/0001	1	1/113	10/77	>0/0001
b ₃	1	0/096	2/33	0/0002	1	0/106	2/83	>0/0001	1	0/07	1/23	>0/0001
Quadratic												
b ₁₁	-	-	-	-	1	0/0242	0/19	0/033	-	-	-	-
b ₂₂	1	-0/0052	1/35	0/0022	1	-0/084	2/30	>0/0001	1	-0/00673	2/26	>0/0001
b ₃₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Interaction												
b ₁₂	-	-	-	-	1	-0/014	0/16	0/048	-	-	-	-
b ₁₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
b ₂₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Residual	16	-	1/63	-	13	-	0/43	-	16	-	0/6	-
Lack of fit	11	-	1/46	0/0724	8	-	0/30	0/36	11	-	0/54	0/065
Pure error	5	-	0/17	-	5	-	0/13	-	5	-	0/06	-
Total	19	-	15/58	-	19	-	19/58	-	19	-	14/86	-
R ²	-	0/89	-	-	-	0/97	-	-	-	0/959	-	-
R ² adjust	-	0/87	-	-	-	0/96	-	-	-	0/952	-	-

روغن گیاهی، دما و زمان پخت کاهش یافت. مطابق با نتایج این بررسی نوع و مقدار روغن، مدت دما و زمان پخت بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر پروسس تاثیر گذار می‌باشد. امروزه با توجه به قیمت پایین روغن گیاهی در مقابل چربی لبنی، می‌توان از مقدار مناسب روغن گیاهی در تهیه پنیر پروسس

آنالوگ استفاده کرد. همچنین می‌توان با بررسی فاکتورهای بررسی شده در این تحقیق، تقلب رایج در تولید پنیر پروسس خصوصاً استفاده از روغن گیاهی به جای چربی لبنی به دلیل قیمت کمتر این دسته از روغن‌ها را شناسایی کرد.

Pub., Inc., Gaithersburg, MD.

منابع

[3] Bachmann, H. (2001). Cheese analogues – A review.

International dairy journal, 11, 505-515.

[4] Chauhan, A. K. S., Srivastava, A. K. (2009). Optimizing drying conditions for vacuum-assisted microwave drying of green peas (*Pisum sativum* L.). *Journal of drying technology*, 27, 761-769

[5] Berger, W., Klostermeyer, H., Merkenich, K.,

[1] Lee, S.K., Buwalda, R.J., Euston, S.R., Foegeding, E.A., McKenna, A.B. (2003). Changes in the rheology- and microstructure of processed cheese during cooking. *LWT*, 36, 339-345.

[2] Fox, P.F., Guinee, T.P., Cogan, T.M., McSweeney, P.L.H. (2000). *Fundamentals of Cheese Science*, Aspen

- feeding period. *International Dairy Journal*, 11, 611-619.
- [16] Arslan, S., Topcu, A., Saldamli, I., Koksall, G. (2010) Utilization of Interesterified Fat in the Production of Turkish White Cheese. *Small Ruminant Research*, 54: 121-129.
- [17] Ye, A., Cui, J., Taneja, A., Zhu, X., Singh, H. (2009) Evaluation of processed cheese fortified with fish oil emulsion. *Food Research International*, 42 (8): 1093-1098.
- [18] Chunha, C. R., Dias, A. I., Viotto, W. H. 2009. Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*. 43:723-727.
- [19] Marshall, R. J. 1990. Composition, structure, rheological properties and sensory texture of processed cheese analogues journal *FoodscienceAgriculture*. 50:237-252.
- [20] Calleros, L., and Vernon, E. J. 1998. Microstructure and texture of cheese analogue containing different type of fat. *Journal of texture study*. 29:569-586.
- [21] Lee, S. K., Buwalda, R. J., Euston, S. R., Foegeding, E. A., McKenna, A. B. 2003. Changes in the rheology and microstructure of processed cheese during cooking. *LebensmWiss. Tec*. 36: 339-345.
- Uhlmann, G. (1989). Processed Cheese Manufacture: A *Joha Guide*. BK Ladenburg, Ladenburg.
- [6] Kapoor, R. & Metzger, L. E. (2008). Process Cheese: Scientific and Technological Aspects-A Review. *Food science and food safety*, 7, 194-214.
- [7] Xiaodong, L.I., Hanl, W.U., Huaiwei, L.I.D. (2007). Influence of cooking time and cooling rate on the functionality and microstructure of processed cheese spreads. *Journal of North Agriculture University*, 14 (1), 36-42.
- [8] Zhong Q.X., Daubert C.R. (2004). Kinetics of rennet casein gelation at different cooling rates. *Journal of colloid and interface science*, 7, 88-94.
- [9] Karimah, A., Aminah A., Mohd, K.A. (2002). Potential of palm blend in the formulation of mozzarella analogue. *Journal of food science*, 24, 324-268.
- [10] Tamime, A.Y. (2011) Processed Cheese and Analogues: An Overview. Processed Cheese and Analogues, First Edition. Blackwell Publ.
- [11] Piska, I., Steina, J. (2004). Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of food engineering*, 61, 551-555.
- [12] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، اندازه‌گیری عدد یدی به روش هانوس در روغن‌ها و چربیهای خوراکی، شماره استاندارد 4886، (1371).
- [13] موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، روغن‌ها و چربی‌های گیاهی و حیوانی اندازه‌گیری عدد صابونی-روش آزمون، شماره استاندارد 10501، (1371).
- [14] Lee, S.K., Anema, S., Klostermeyer, H. (2004). The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International journal of food science and technology*, 39:763-771.
- [15] Jaros, D., Ginzinger, W., Tschager, E., Leitgeb, R., Rohm, H. (2001) Application of oilseed feeding to reduce firmness of hard cheeses produced in the winter